ZG50SiMn钢起重机车轮水淬油冷热处理工艺

张淑杭
山东石横特钢集团有限公司　山东泰安　271612

摘要：采用水淬油冷热处理工艺代替传统的调质+表面淬火的热处理工艺，应用于ZG50SiMn钢起重机车轮的热处理。试验结果表明：此工艺能满足设计和JB/T 6392—2008《起重机车轮》的使用要求，具有工艺设备操作简单、热处理成本低廉、起重机车轮使用寿命延长等优点。

关键词：ZG50SiMn钢；起重机车轮；水淬油冷；热处理

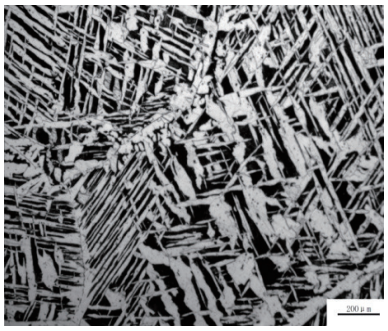
1　序言

起重机是钢铁行业应用最普遍、最广泛的重要运输机械设备之一，由于使用频繁、使用环境比较恶劣，起重机车轮在工作过程中不断承受周期性变化的应力作用，是易损件，每半年或一年就要进行检修，这就影响了生产，增加了维修费用，造成了一定的经济损失。根据起重机车轮的使用特点，对其踏面硬度要求较高，并且有一定的深度和过渡层，以提高承载能力、耐磨性和抗疲劳强度等性能[1]。合理的热处理工艺，能够充分发挥材料的潜力，提高力学性能，延长材料的使用寿命，节约能源。因此，选择合理的热处理工艺对起重机车轮的使用尤为重要。

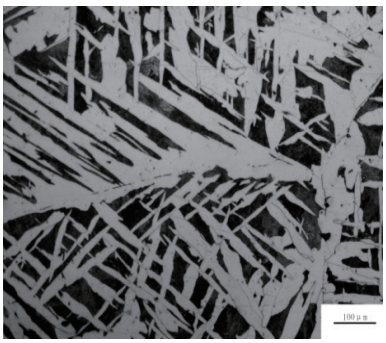
传统起重机车轮热处理工艺一般是先经过调质处理后再进行表面淬火，但是由于表面淬火硬度过渡层不好控制，容易剥落和轮缘磨损严重，经过较长时间的工作后，在交变应力的作用下，起重机车轮踏面容易产生裂纹或突然断裂，导致疲劳失效，严重影响起重机车轮的质量和使用寿命。

2　工艺分析

铸钢与锻钢相比，具有对产品结构适应性强、材料利用率高、价格低廉、加工周期短等优点，但铸钢铸态组织晶粒粗大，有魏氏组织和成分偏析等很多不可避免的缺陷，对热处理工序产生不利的影响。魏氏组织的存在使铸钢的塑性，特别是冲击韧度下降，因此铸钢件需要在淬火前进行热处理以消除魏氏组织。组织晶粒粗大，容易在淬火时产生开裂，必须在淬火前进行退火或正火处理，为细化晶粒和淬火作组织准备[2]。图1为ZG50SiMn钢直接调质，用4%硝酸酒精溶液腐蚀后的魏氏组织。



a）50×



b）100×

图1　ZG50SiMn钢魏氏组织

ZG50SiMn钢属于低合金钢中的硅锰钢，化学成分见表1。Si与Mn的配合使用，可以有效地减少Mn元素对晶粒粗化的影响；Si、Mn均能固溶于铁素体中，起到固溶强化的作用，使钢的强度和硬度

上升。Si、Mn均能稳定过冷奥氏体，使C曲线向右移，显著提高钢的淬透性。Si、Mn元素有促进杂质元素偏聚的作用，促进回火脆性的发生[3]。

表1 ZG50SiMn化学成分（质量分数）（%）

C	Si	Mn	S	P
0.46~0.54	0.80~1.10	0.80~1.10	≤0.035	≤0.035

JB/T 6392—2008《起重机车轮》中对热处理的技术要求[4]如下：

1）热处理车轮表面状态应符合不同直径车轮的热处理技术要求，见表2。

表2 不同直径车轮的热处理技术要求

车轮踏面直径/mm	踏面和轮缘内侧面硬度HBW	淬硬层260HBW处深度/mm
100~200	300~380	≥5
200~400		≥15
>400		≥25

2）车轮内部质量要求：对于铸造车轮其质量应符合JB/T 5000.14—2007中2级要求。

3）车轮踏面和轮缘内侧表面硬度：车轮踏面和轮缘内侧表面硬度检验时，用硬度计在车轮踏面上沿圆周等分测3点，其中2点硬度达到技术要求，即为合格。当某检测点的硬度值不符合要求时，沿该点的轴线方向加测2点，如该2点硬度均达到技术要求即为合格。

4）淬硬层深度的要求：测定淬硬层深度时，先将车轮切割开（用气割时为了消除热影响区，加工余量至少为20mm），再加工成径向剖面试样。从踏面（见图2）开始用硬度计沿径向每隔3~5mm测1点，测出硬度≥260HBW处的深度，即为淬硬层深度。

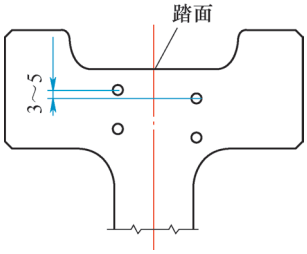


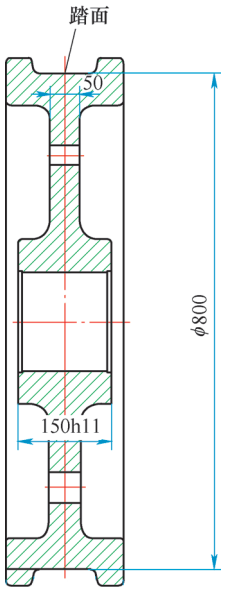
图2 踏面淬硬层硬度试验

3 试验方法

本文研究的对象为山东石横特钢集团有限公司使用的冶金专用起重机铸造车轮，如图3所示，材质为ZG50SiMn钢，化学成分见表3，车轮结构尺寸为ϕ800mm×150mm，重量为416kg，图样要求踏面处硬度300~380HBW，距踏面20mm处的硬度≥260HBW。车轮粗车后用于本试验。



a）宏观形貌



b）车轮结构

图3 起重机铸造车轮

表3 ZG50SiMn钢车轮的化学成分（质量分数）（%）

C	Si	Mn	S	P
0.52	0.98	0.96	0.015	0.012

（1）工装 采用芯轴保护内孔的方法进行装炉，将车轮平放到焊有底盘的工装上，工装如图4

所示。用黏土和石棉绳将内孔与芯轴之间的缝隙密封，上部用端盖压紧。

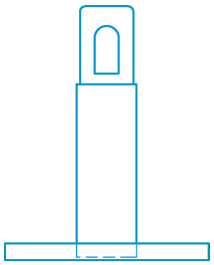


图4　车轮内孔芯轴保护工装

（2）热处理工艺　由于车轮调质+表面淬火的热处理工艺容易产生很多质量问题，直接淬油时，容易出现淬火硬度软点、硬度偏低等情况；直接水淬时，此材料的开裂倾向较大。因此，采用退火+淬火（水淬油冷）+中温回火的热处理工艺，水淬油冷也叫双液淬火，即把奥氏体化的零件放入冷却能力较强的介质中，冷却到*Ms*点附近，再立即转移到冷却能力较弱的介质中冷却进行马氏体转变。最常用的方法就是水淬油冷，水淬油冷的优点就是能把两种冷却能力不同的介质的优点结合起来，扬长避短，既保证了淬火质量，又减少了淬火应力，在很大程度上防止了变形和淬火开裂。铸钢件加热时，为了避免过大的热应力，应该控制工件的装炉温度和加热速度，因此确定在炉温350℃以下装炉，控制升温速度≤250℃/h。

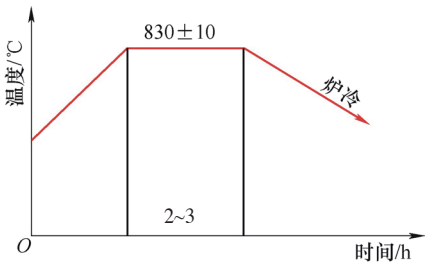
（3）热处理工艺参数　退火830℃×3h，炉冷；淬火840℃×2h，水冷40s，油冷15min；回火490℃×4h，水冷，入炉温度≤350℃，升温速度≤250℃/h，工艺曲线如图5所示。

工艺说明：

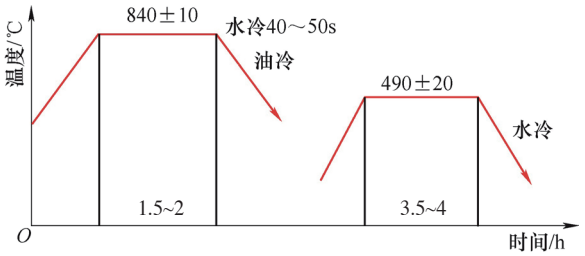
1）保温。工件加热到温后，应保温一定的时间，根据有效厚度、装炉系数计算出保温时间为2h，使工件透热，以保证工件奥氏体化完全。

2）冷却。水淬油冷，如果工件在水中冷却时间过短，转移过程中奥氏体可能发生珠光体转变，出现软点，或淬不上火的现象。如果水冷时间过长，零件在未转移到油中就发生了马氏体转变，失去了水淬油冷的意义，增大了工件开裂的风险。依据实际生产经验，确定水冷时间在40~50s，油冷15min。

3）回火。根据图样的硬度要求，将温度定在



a）车轮退火



b）车轮淬火+中温回火

图5　起重机车轮热处理工艺曲线

中温回火区间的470~510℃，保温足够的时间，使马氏体组织分解完全，消除淬火应力。根据有效厚度、回火温度、装炉系数，确定回火保温时间为4h。由于此材料具有回火脆性，因此回火后采取快冷的冷却方式，即水冷。

4　试验结果

对热处理后的起重机车轮进行了超声波、硬度和淬硬层深度的检测，并且检测了车轮踏面的金相组织。

（1）超声波检测　对热处理后的车轮内部质量进行检测，即对轮辋进行超声波检测，内部质量符合JB/T 5000.14—2007中2级要求。

（2）硬度检测　将车轮踏面外圆圆周等分3点，选取踏面及轮缘内侧进行硬度测试，实测硬度情况见表4。

表4　车轮踏面及轮缘硬度情况

位置	踏面HBW	轮缘左内侧HBW	轮缘右内侧HBW
1	372	367	371
2	368	375	358
3	366	375	369

（3）淬硬层深度检测　根据JB/T 6392—2008《起重机车轮》要求，对车轮进行破坏性试验，将车轮刨开，加工成径向剖面试样，如图6所示，进行

淬硬层深度检测，从车轮踏面开始每隔10mm检测一组硬度点，选取硬度试验点分布情况如图7所示，并将硬度情况进行记录汇总，见表5。



图6　淬硬层深度破坏性试验实物

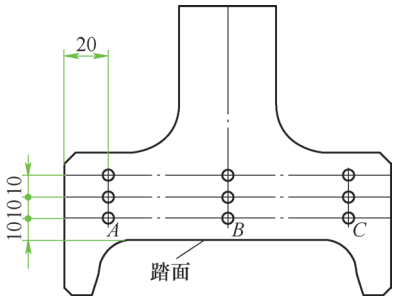


图7　硬度检测点

表5　淬硬层深度硬度分布　　（HBW）

位置	A	B	C
距踏面10mm	331	327	318
距踏面20mm	296	290	286
距踏面30mm	262	265	257

（4）金相分析　在踏面处取样进行金相组织观察，用4%硝酸酒精溶液腐蚀后观察组织为回火屈氏体，如图8所示。屈氏体具有高的弹性极限与屈服强度，同时又有足够的韧性和塑性。对于450~500℃回火，也是本材料疲劳极限出现最大值的回火温度区间[2]。

以上数据表明，因为淬火时水淬时间较短，轮缘及踏面部位水冷强烈，所以心部来不及冷却就转到了冷却缓慢的淬火油中，形成一定的硬度梯度。

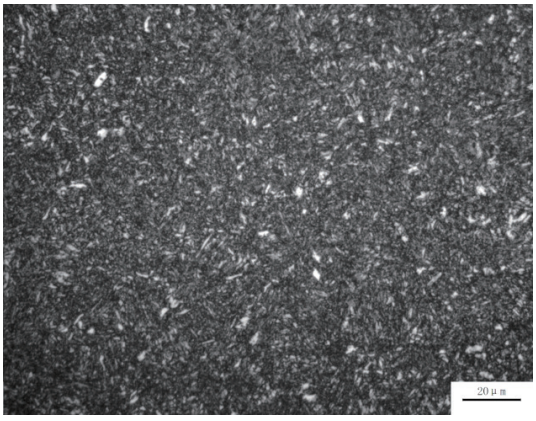


图8　ZG50SiMn钢车轮淬火+中温回火显微组织（500×）

车轮硬度在同一深度，不同位置比较一致，从踏面往里，硬度成梯度逐渐降低，具有较厚的淬硬层，使踏面有较好的耐磨性。由于硬度呈梯度分布，过渡均匀，使心部具有较好的韧性，金相组织均匀，因此水淬油冷热处理工艺能达到ZG50SiMn钢起重机车轮的图样硬度设计要求，具有良好的使用性能。

5　结束语

1）水淬油冷热处理工艺能达到起重机车轮图样硬度设计要求和国标使用要求。

2）起重机车轮踏面硬度层呈梯度分布，使踏面有较好的耐磨性，心部有较好的韧性，减少了脆性断裂的风险，有利于延长车轮的使用寿命。

3）水淬油冷热处理工艺对设备条件要求低，淬火冷却介质来源广泛，价格低廉，工艺操作简单，简化了工艺过程。

4）起重机车轮整体水淬油冷热处理工艺可以完全代替传统的调质+表面淬火工艺。

参考文献：

[1] 张崇辉，李家新，孙波，等.天车走轮热处理工艺[J].一重技术，2003，98（4）：29.

[2] 叶卫平，等.实用钢铁材料金相检验[M].北京：机械工业出版社，2012：323-324.

[3] 陈硕，姚肖洁，闫永璐，等.35SiMn钢热处理工艺浅析[J].热处理技术与装备，2011，32（6）：4-5.

[4] 全国起重机械标准化技术委员会.起重机车轮：JB/T 6392—2008[S].北京：机械工业出版社，2008：3-4.

MW 20201104